

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-089424

(43)Date of publication of application : 03.06.1982

(51)Int.Cl.

C21D 6/00
// C22C 38/38
C22C 38/58

(21)Application number : 55-164794

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 22.11.1980

(72)Inventor : TSUMURA TERUTAKA
OTANI YASUO

(54) MANUFACTURE OF TOUCH STEEL HAVING EXCELLENT TEMPERING RESISTANCE

(57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture a steel having excellent strength and toughness at low cost by hardening and tempering a steel material containing specific proportions of C, Si, Mn, Cr, Mo, and Al under a specific condition.

CONSTITUTION: A steel material containing 0.08W0.50wt% C, 0.1W1.5wt% Si, 0.3W2.0wt% Mn, 0.2W2.0wt% Cr, 0.05W1.00wt% Mo, 0.01W0.10wt% Al, and Fe and inevitable impurities is prepared. The steel material is cooled, when being cooled from austenite state, over a cooling period K(sec) from 800W500° C in such a way as to meet the condition $A1 = \log K$, $A2$, and then tempered at a temperature below the point $Ac1$. In this case, $A1=3.4C(\%)+0.2Si(\%)+0.5Mn(\%)+0.8Cr(\%)+0.5Mo(\%)-1.9$, and also $A2=2.5C(\%)+0.8Mn(\%)+0.7Cr(\%)+0.8Mo(\%)-0.35$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑬ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭57—89424

⑤ Int. Cl.³
C 21 D 6/00
// C 22 C 38/38
38/58

識別記号
CBA
CBA

庁内整理番号
7047—4K
7147—4K

⑬ 公開 昭和57年(1982)6月3日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑭ 焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法

⑮ 特 願 昭55—164794

⑯ 出 願 昭55(1980)11月22日

⑰ 発 明 者 津村輝隆

尼崎市西長洲本通 1 丁目 3 番地
住友金属工業株式会社中央技術
研究所内

⑱ 発 明 者 大谷泰夫

尼崎市西長洲本通 1 丁目 3 番地
住友金属工業株式会社中央技術
研究所内

⑲ 出 願 人 住友金属工業株式会社

大阪市東区北浜 5 丁目 15 番地

⑳ 代 理 人 弁理士 植木定美

明 細 書

1 発明の名称 焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法

2 特許請求の範囲

1 重量％で、C 0.08～0.50％、Si 0.1～1.5％、Mn 0.3～2.0％、Cr 0.2～2.0％、Mo 0.05～1.00％、Al 0.01～0.10％を含み、残部 Fe 及び不可避免的に入る不純物からなる鋼をオーステナイト状態から冷却するに際して 800℃ から 500℃ までの冷却時間 K (秒) を

$$A_1 \leq \log K \leq A_2$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{但し } A_1 = 5.4 C (\%) + 0.2 Si (\%) + 0.5 \\ Mn (\%) + 0.8 Cr (\%) + 0.5 Mo (\%) \\ - 1.9 \\ A_2 = 2.5 C (\%) + 0.8 Mn (\%) + 0.7 \\ Cr (\%) + 0.8 Mo (\%) - 0.53 \end{array} \right]$$

なる式を満足するように冷却し、次いで A_{c1} 点以下の温度で焼戻すことを特徴とする焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法。

2 重量％で、C 0.08～0.50％、Si 0.1～1.5％、^{Mn} 0.3～2.0％、Cr 0.2～2.0％、Mo 0.05～1.00％、Al 0.01～0.10％を含み、さらに Cu 0.5％以下、Ni 1.8％以下、Ti 0.05％以下、V 0.1％以下、Nb 0.1％以下、B 0.0030％以下のうち少なくとも 1 種以上を含有し、残部 Fe 及び不可避免的に入る不純物からなる鋼をオーステナイト状態から冷却するに際して 800℃ から 500℃ までの冷却時間 K' (秒) を

$$A_3 \leq \log K' \leq A_4$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{但し } A_3 = 5.4 C (\%) + 0.2 Si (\%) + 0.5 Mn \\ (\%) + 0.8 Cr (\%) + 0.5 Mo (\%) + \\ 0.2 Ni (\%) + 0.8 Cu (\%) + 0.1 Ti \\ (\%) + 0.1 Nb (\%) + 0.1 V (\%) + \\ 1.5 B (\%) - 1.9 \\ A_4 = 2.5 C (\%) + 0.8 Mn (\%) + 0.7 Cr \\ (\%) + 0.8 Mo (\%) + 0.7 Cu (\%) - \\ 0.53 \end{array} \right]$$

なる式を満足するように冷却し、次いで A_{c1}

点以下の温度で焼戻すことを特徴とする焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法。

3 発明の詳細な説明

本発明は調質型低合金鋼の製造方法に関し、さらに詳しくは焼戻しに際してすぐれた軟化抵抗を有する強度、靱性のすぐれた鋼を廉価に製造する方法に関するものである。

従来、強靱鋼は主として焼入れ焼戻し処理により製造されているが、この焼入れ焼戻し処理が実施されている根拠にはマルテンサイト組織の硬さを十分に利用して合金元素の低減を図り、強靱な鋼を製造しようという思想が存在する。この従来の思想によれば、鋼の焼入性が不足したり、或いは焼入れ時の冷却速度が不十分な場合には、焼入組織にマルテンサイト以外にベイナイト、フェライト、パーライトといった組織が混在するため、合金元素を多量に添加して鋼の焼入性を上げるか、或いは冷却速度を上げるために水量、水圧などを上げた焼入冷却設備を用いて焼入れすることによつてマルテンサイト

ステナイト状態からの冷却条件を制限することによつて焼戻し軟化抵抗のすぐれた組織を得ることにより前述の問題点の解決を図ろうとするものである。

即ち、炭素鋼のような焼入性の極めて低い鋼にあつては、焼入れ焼戻しに關しての従来の思想を工業的に使用することが寧ろ好ましい方向であるが、Cr、Mo を若干含んでいるある程度の焼入性を有する鋼に対してはその焼戻しに際して完全焼入組織よりも軟化抵抗の大きい組織が存在するという全く新しい知見を得、これを工業的に利用することによつて廉価に強靱性のすぐれた鋼を製造することに成功したものである。

なお、調質高張力鋼の靱性に及ぼす変態組織の影響については上位臨界冷却速度近傍の冷却速度で得られるマルテンサイトとベイナイトの混合組織が他の組織と比較して同一の焼戻し温度で最もすぐれた衝撃性質を有するということが報告されているが、この場合においても、従

一相よりなる完全焼入組織を生成し、これを焼戻すことによつて適当な強度（硬度）と靱性を付与するのが最良の方法とされて来た。即ち従来は所定の強度（硬度）を付与するためには、不完全焼入状態の鋼を完全焼入組織を有する鋼よりも低い温度で焼戻しする必要がある、そのため同一強度レベルでの不完全焼入鋼の靱性は完全焼入鋼のそれより劣ると考えられており、又所要の強度（硬度）と靱性を得る場合に高温での焼戻しを必要とする場合には焼戻し軟化抵抗を付与するためにMo、Cr、Vなどの元素を格別添加することが必要不可欠のことと考えられていた。しかしながら、徒らに合金元素の含有量が高めることは焼入性の向上、焼戻し軟化抵抗の向上のためには効果があつても、省資源、コスト低減などの観点からは望ましくない。

本発明は斯る状況に鑑み、合金元素の添加を極力抑えてすぐれた強度と靱性とを有する鋼を廉価に製造することを目的とし、鋼自身の化学成分を調整するとともに熱処理条件、特にオー

来の思想と同様に焼戻し強度（硬度）を同一レベルに揃えるにはマルテンサイトの完全焼入組織をより高い温度で焼戻す必要のあることを示唆しており、従つて本発明者らの得た知見、即ち焼戻しに際して完全焼入組織よりも軟化抵抗の大きな組織が存在し、その大きな焼戻し軟化抵抗を利用して強度、靱性にすぐれた鋼を廉価に製造するということとは全く思想を異にするものであり、従つて公知の技術思想と本発明の意図するものとは全く異なつたものである。

本発明は焼戻し軟化抵抗のすぐれた組織はむしろ冷却速度を制限することによつて生成される不完全に焼入れされた組織であるという知見から出発し、焼入性及び（又は）焼戻し軟化抵抗向上のために従来添加していた合金元素を極力抑えて、すぐれた強度と靱性とを有する鋼を廉価に製造することに成功したものであり、その要旨とするところは(1)重量%でC 0.08～0.50%、Si 0.1～1.5%、Mn 0.3～2.0%、Cr 0.2～2.0%、Mo 0.05～1.00%、Al

0.01 ~ 0.10 多を含み、残部 Fe 及び不可避免的に入不純物から成る鋼をオーステナイト状態から冷却するに際し 800℃ から 500℃ までの冷却時間 K (秒) を

$$A_1 \leq \log K \leq A_2$$

$$\left(\begin{aligned} &\text{但し } A_1 = 3.40(\%) + 0.281(\%) + 0.5Mn(\%) + \\ &\quad 0.80Cr(\%) + 0.5Mo(\%) - 1.9 \\ &A_2 = 2.50(\%) + 0.8Mn(\%) + 0.70Cr(\%) + \\ &\quad 0.8Mo(\%) - 0.53 \end{aligned} \right)$$

なる式を満足するように冷却し、次いで A_{c1} 点以下の温度で焼戻すことを特徴とする焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法、さらに (2) 強度、靱性を上昇し焼入性を向上する目的で、上記組成に Cu 0.5 多以下、Ni 1.8 多以下、Ti 0.05 多以下、V 0.1 多以下、Nb 0.1 多以下、B 0.0030 多以下のうち少なくとも 1 種以上を同時添加し、かつ 800℃ から 500℃ までの冷却時間 K' (秒) を

$$A_3 \leq \log K' \leq A_4$$

$$(\text{但し } A_3 = 3.40(\%) + 0.281(\%) + 0.5Mn(\%) +$$

特開昭57- 89424(3)

$$\left(\begin{aligned} &0.80Cr(\%) + 0.5Mo(\%) + 0.2Ni(\%) \\ &+ 0.80Cu(\%) + 0.1Ti(\%) + 0.1Nb(\%) \\ &+ 0.1V(\%) + 1.5B(\%) - 1.9 \\ &A_4 = 2.50(\%) + 0.8Mn(\%) + 0.70Cr(\%) + \\ &\quad 0.8Mo(\%) + 0.70Cu(\%) - 0.53 \end{aligned} \right)$$

なる式を満たすように冷却した後 A_{c1} 点以下の温度で焼戻すことを特徴とする焼戻し軟化抵抗のすぐれた強靱鋼の製造方法で成分面で Cr, Mo 等若干量含有せしめて炭素鋼よりも大きな焼入性を付与したことと、オーステナイト状態からの冷却条件を制限したことを主たる特徴とするものである。

即ち、本発明者らの知見によれば Cr, Mo を若干量含有する鋼においては、焼入れしたまゝの状態での強度(硬度)は完全焼入組織のものが一層高く、それを焼戻し処理した場合、完全焼入組織のものは焼戻し温度の上昇につれて速やかに軟化するが、一方本発明における K 又は K' の冷却条件で冷却したものは焼入れのまゝの強度(硬度)は低いけれども、それを焼戻す時、

焼戻し温度に対して大きな軟化抵抗を示すものである(下記第2表参照)。本発明はこのすぐれた焼戻し軟化抵抗を利用して強度、靱性ともにすぐれた鋼を得るものであつて、下記の実施例より明らかなように著しい効果を有するものである。

次に本発明における各添加元素の組成割合を限定した理由について述べる。

C: C は鋼の焼入性増加、強度増加に有効な元素であるが、0.50 多を超えると靱性が劣化し、又 0.08 多未満の場合は強度低下、焼入性劣化をきたすので、Mn, Cr, Mo などの添加量を多くする必要があり、コスト高となりメリットが少ないため 0.08 ~ 0.50 多とする。

Si: Si は鋼の脱酸成分として有効であるほか、強度焼入性を増大させるが、その下限は 0.1 多であり、又 1.5 多を超えると靱性を害するので上限は 1.5 多とする。

Mn: Mn は焼入性を増大し、強度、靱性に対し

ても有効であるが、0.50 多未満では効果が小さく、又 2.0 多を超えると逆に靱性を劣化して好ましくない。

Cr: Cr は焼入性、強度、焼戻し軟化抵抗性を増大させるために 0.2 多以上を必要とするが、2.0 多を超えると靱性が劣化するので好ましくない。

Mo: Mo は焼入性及び強度を上昇させ、焼戻し軟化抵抗を増し、又靱性の改善に有効であるが、0.05 多未満では効果が小さく、又 1.00 多を超えると強度上昇に対する効果が飽和し、又靱性がかえつて劣化する。而も Mo は高価な希少元素であるので 1.00 多を上限とする。

Al: Al は鋼の脱酸の安定化、均質化及び細粒化を図るために添加するが、0.01 多未満ではその効果が小さく、一方 0.10 多を超えると脱酸効果は飽和し介在物の増大による疵が発生するし又靱性も劣化するので 0.01 ~ 0.10 多とする。

Cu: Cu は韌性をそれほど阻害することなく、強度を上昇させるのに有効な元素であるが、0.5 多を超えると熱間加工性が劣化するため上限を 0.5 多とする。

Ni: Ni は韌性、焼入性の向上に有効な元素であり、特に韌性の要求に応じて添加するものであるが高価な元素であり、コストの面から 1.8 多を上限とする。

Ti, V, Nb: Ti, V, Nb はいずれもオーステナイト粒の微細化に有効であり、又強度上昇、焼戻し軟化抵抗の増大にも効果がある。本発明においてはその効果を利用して Cr, Mo, Ni 等の元素をできるだけ低減するために添加する。しかしながら、いずれも上限値を超えると韌性の劣化を招き好ましくない。

B: B は焼入性を向上させ、強度、韌性に対して有効であるが、0.0030 多を超えると、その効果は飽和し、又韌性は劣化する場合もあるので上限を 0.0030 多とする。

本発明は以上の成分で構成された鋼を溶製し

た後、通常の方法により厚板、形鋼、鋼管などに加工後熱処理を施すが、この熱処理条件はそれぞれの成分系によつて決定される。

即ち、本発明はオーステナイト粒粗大化開始温度以下の温度で組織を完全にオーステナイト化した後、適宜な方法で冷却を行なうものであるが、こゝでオーステナイト粒の粗大化を抑えるのは焼戻し後の良好な性能を得るためであり、オーステナイト状態からの冷却に際して、800℃から500℃までの冷却時間であるK又はK'を所定の制限内とすることが本発明の最も大きな特徴である。即ち、前記したように $A_1 \leq \log K \leq A_2$, $A_3 \leq \log K' \leq A_4$ の条件で冷却することは焼戻し軟化抵抗のすぐれた組織を得るのに必要な条件であり、これは $\log K < A_1$ 又は $\log K' < A_3$ の場合、オーステナイト状態からの冷却組織が十分なる焼入状態を呈し、その焼戻しに際して急速に軟化し、一方 $A_2 < \log K$ 又は $A_4 < \log K'$ の場合には冷却組織は所謂不完全焼入組織を多量に含み、従つて所定の強度を得るため

には冷却したまゝの状態を用いねばならないことも多く、その場合は韌性が劣り、又焼戻しする場合にも可成り低い温度で焼戻しする必要があり、韌性が劣るためである。

なお $A_1 \leq \log K \leq A_2$, 及び $A_3 \leq \log K' \leq A_4$ なる式は次のようにして求めた。即ち、鋼の変態特性、焼入性は成分元素と深い関連を有し又一つの鋼において800～500℃の間の冷却時間が等しければその組織、硬度は同じである。即ち800～500℃の冷却時間が組織を決定することが多い。

そこで800～500℃の冷却時間K(又はK')秒と化学成分との間に

$$\log K \text{ (又は } K') = \sum_{i=1}^n a_i X_i + \text{const}$$

(X_i : 成分元素量(多))

の関係を仮定して、化学成分と変態組織を関連づけた。

次にCr, Moを含む本発明範囲内の成分を有する種々の鋼についてCCT曲線を参考に本発明組

織の得られるK(又はK')を求めて、総括的に係数 a_i と定数(const)を選んだ。こゝで本発明組織の得られる冷却時間は幅を持つものであり、従つて $A_1 \leq \log K \leq A_2$ 又は $A_3 \leq \log K' \leq A_4$ とした。

続いて本発明において A_{01} 点以下の温度で焼戻しするのは鋼に所望の性能を付与するために行なうものである。

次に本発明の実施例を示す。

実施例1

第1表に本発明における各鋼種の化学組成を示す。各鋼は加熱圧延後、焼入れ、焼戻しして供試材となし、夫々につき引張試験と衝撃試験を行なつた。その試験結果を第2表にまとめて示す。こゝではオーステナイト化はいずれも900℃にて行ない、かつ第2表に示す条件にて焼入れ(冷却)、焼戻しを行なつた。

この第2表により本発明によるオーステナイト状態からの冷却条件の下では焼戻しに際してすぐれた軟化抵抗が得られ、かつその強度、韌

性もすぐれていることが明らかである。この結果は又強靱鋼を併るのに合金元素を低減した廉価な成分系で、その製造の可能なことをも示すものであり、従つてその工業的価値は非常に高いものである。例えば鋼番1の符号ヌ;ルと鋼番3の符号ソ;ツはほぼ等しい機械的性質を示しているが、鋼番3のCr,Mo量は鋼番1に比べて低いにも拘らず焼戻し軟化抵抗のすぐれていることは本発明のすぐれた効果である。

第 1 表

鋼番	化 学 成 分 (wt%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	So ₂ Al
1	0.51	0.43	0.46	0.018	0.010	0.08	0.95	0.48	0.058
2	0.22	0.35	1.57	0.015	0.009	—	0.53	0.28	0.044
3	0.30	0.43	0.45	0.018	0.011	0.07	0.76	0.25	0.047

第 2 表

鋼番	符号	A ₁ 又は A ₂		A ₂ 又は A ₄		log K (K')	800° ~ 500°C 冷却時間 K 又は K' (秒)	焼戻し条件	引張強さ* (kg/mm ²)	破面遷移** 温度(℃)	備 考
1	イ	A ₂	0.534	A ₄	1.718	1.176	15.0	—	160.5	-15	焼入れのまま
	ロ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	425℃×1hr	154.1	-32	本発明によるもの
	ハ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	550×1	131.7	-91	〃
	ニ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	600×1	114.9	-125	〃
	ホ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	675×1	93.8	-160	〃
	ヘ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	720×1	75.8	-140	〃
	ト	〃	〃	〃	〃	0.398	2.5	—	184.4	+15	焼入れのまま
	チ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	425×1	143.8	-30	本発明によらないもの
	リ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	550×1	121.3	-72	〃
	ヌ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	600×1	107.5	-97	〃
	ル	〃	〃	〃	〃	〃	〃	675×1	88.9	-125	〃
	フ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	720×1	72.8	-130	〃
2	ワ	A ₁	0.267	A ₂	1.871	1.312	20.5	525×1	120.5	-70	本発明によるもの
	カ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	575×1	109.8	-113	〃
	ヨ	〃	〃	〃	〃	0.255	1.8	475×1	112.8	-38	本発明によらないもの
	タ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	525×1	107.4	-64	〃
	レ	〃	〃	〃	〃	2.015	103.5	—	104.8	+5	冷却のまま
3	ソ	A ₂	0.220	A ₄	1.361	1.176	15.0	600×1	108.6	-105	本発明によるもの
	ツ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	675×1	89.3	-130	〃

(注) * 平行部3φの丸棒試験片

** 5×10×55-2Vサブサイズシャルビー試験片

下記第3表に示す化学組成を有する各鋼種について加熱圧延後本発明による熱処理条件を満たすようにオーステナイト状態から冷却し、これを焼戻しして供試材を得、夫々につき引張試験と衝撃試験を行なった。その試験結果を第4表にまとめて示す。なお、こゝでは鋼の引張強さが105 kg/mm²前後になるように焼戻し処理を行なった。又オーステナイト化はすべてAc₃点+100℃にて行なった。

下記第4表から本発明による鋼はすぐれた機械的性質を有していることが明らかである。

第 3 表

区分	鋼番	化 学 成 分 (wt%)													
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb	V	B	So ₂ A ₂
本 発 明 対 象 鋼	4	0.25	0.30	1.30	0.015	0.011	—	—	0.95	0.10	—	—	—	—	0.047
	5	0.20	0.55	1.01	0.011	0.005	—	—	1.82	0.12	—	—	—	—	0.055
	6	0.17	0.55	0.85	0.011	0.003	—	—	0.75	0.78	—	—	—	—	0.042
	7	0.32	0.53	0.64	0.018	0.008	0.19	—	1.01	0.24	—	—	—	—	0.051
	8	0.22	0.25	0.82	0.011	0.006	—	0.35	0.97	0.48	—	—	—	—	0.044
	9	0.30	0.22	0.64	0.018	0.010	—	—	0.85	0.32	0.01	—	—	0.0010	0.039
	10	0.41	0.31	0.59	0.012	0.010	—	—	0.78	0.25	—	0.02	—	—	0.031
	11	0.15	0.27	1.29	0.017	0.010	—	—	1.00	0.30	—	—	0.03	—	0.047
	12	0.24	0.34	1.57	0.008	0.002	—	—	0.49	0.07	—	0.01	—	0.0015	0.061
	13	0.24	0.52	1.42	0.015	0.011	—	—	0.54	0.30	0.01	0.02	—	0.0013	0.055
	14	0.26	0.32	1.35	0.009	0.004	—	0.75	0.29	0.18	—	0.02	0.02	0.0010	0.057
比 較 鋼	15	0.23	0.75	1.80	0.026	0.012	—	—	0.09	0.06	—	—	—	—	0.065
	16	0.36	0.58	1.75	0.025	0.015	—	—	0.85	0.01	0.02	—	—	0.0025	0.048
	17	0.21	0.57	0.93	0.019	0.010	—	—	1.21	1.58	—	—	—	—	0.029
	18	0.23	1.85	1.35	0.018	0.011	—	—	1.07	0.15	—	—	—	—	0.038
	19	0.57	0.22	1.82	0.011	0.010	—	—	0.03	0.03	—	—	—	—	0.021
	20	0.22	0.25	0.65	0.010	0.011	0.15	—	0.96	0.23	0.25	—	—	—	0.052
	21	0.21	0.27	0.66	0.010	0.010	0.15	0.21	0.98	0.23	—	0.25	—	—	0.046
	22	0.18	0.55	1.00	0.019	0.011	—	—	0.85	0.32	—	—	0.18	—	0.031
	23	0.30	0.27	2.78	0.026	0.015	—	—	1.47	0.10	—	—	0.03	—	0.047
	24	0.21	0.29	1.30	0.015	0.010	—	—	2.99	0.05	—	—	—	—	0.051

第 4 表

区 分	鋼 番	A ₁ 又は A ₃		A ₂ 又は A ₄		log K 又 は log K'	800℃~500℃ 冷却時間 K 又 は K' (秒)	引張強さ * (kg/mm ²)	破面遷移 ** 温度 (℃)
本 発 明 対 象 鋼	4	A ₁	0.470	A ₂	1.880	0.699	5.0	104.8	-75
	5	"	"	"	"	1.176	15.0	102.9	-78
	6	"	"	"	"	1.544	35.0	106.1	-70
	7	"	0.871	"	2.148	1.176	15.0	103.5	-56
	8	"	0.159	"	1.724	"	"	105.1	-68
	9	A ₃	0.654	A ₄	1.814	"	"	112.2	-65
	10	"	0.394	"	1.739	"	"	106.7	-82
	11	"	0.327	"	1.583	"	"	108.1	-71
	12	"	0.602	"	1.713	"	"	110.2	-63
	13	"	0.262	"	1.817	"	"	105.8	-72
	14	"	0.199	"	1.725	"	"	106.9	-65
	15	"	0.277	"	1.824	"	"	105.4	-71
	16	"	0.201	"	1.547	"	"	102.5	-68
比 較 鋼	15	A ₁	0.034	A ₂	1.620	"	"	101.8	+34
	16	A ₃	1.006	A ₄	2.373	"	"	110.7	+45
	17	A ₁	1.111	A ₂	2.850	"	"	108.2	+37
	18	"	0.858	"	1.994	"	"	106.8	+25
	19	"	1.031	"	2.396	"	"	101.1	+15
	20	A ₃	0.251	A ₄	1.501	"	"	108.7	+45
	21	"	0.284	"	1.498	"	"	103.2	+27
	22	"	0.180	"	1.571	"	"	104.9	+48
	23	"	1.793	"	3.553	2.015	103.5	114.8	+34
	24	A ₁	1.929	A ₂	3.152	"	"	102.1	+29

(注) * 平行部 8.5 φ の丸棒引張試験片

** 1.0×1.0×5.5-2 Vフルサイズシャルビー試験片